▪ Capítulo 3 ▪

A Pesquisa Científica

O objetivo deste capítulo é apresentar as principais atividades que executam os cientistas ao pesquisarem a realidade, natural ou social. Destacaremos que eles formulam hipóteses e as submetem a testes que podem consistir em observações sistemáticas ou em experimentos.

3.1 A formulação de hipóteses

Carl Hempel

Ao expor a questão da metodologia científica, mencionei a formulação de hipóteses como um procedimento característico da ciência. **Em que consiste uma hipótese científica**? Conforme a etimologia, uma hipótese é uma suposição ou conjectura. Que tipo de conjecturas são típicas da ciência?

O filósofo **Carl Hempel** (1905-1997) analisa, em uma de suas obras, um episódio histórico que ilustra bem este assunto. Hempel refere-se ao problema que enfrentou o médico húngaro Ignaz Semmelweiss, no século XIX, ao perguntar-se por que grande número das mulheres que davam à luz no Hospital Geral de Viena contraía depois do parto uma doença grave, conhecida naquela época como "febre puerperal". Chamava a atenção, além do mais, que o número de mulheres que assim morriam era diferente em cada uma das duas divisões do hospital, e que as mulheres que davam à luz fora dele não morriam dessa maneira. Hempel narra que Semmelweiss formulou, sucessivamente, uma série de hipóteses acerca da possível causa das mortes, e as foi testando uma após a outra. Supôs, por exemplo, que a dieta recebida, ou o a aglomeração de pacientes, ou a posição no momento de dar à luz, ou até a impressão produzida pela passagem do padre levando a extrema-unção a doentes (o que assustava as pacientes) pudesse causar as estranhas mortes. O médico foi testando e descartando hipóteses,

na medida em que os fatos não apoiavam as inferências que se seguiam de cada uma delas. Algumas hipóteses eram testáveis diretamente, mediante a observação de determinados fatos. Por exemplo: a hipótese de que o número excessivo de parturientes em uma divisão pudesse ser responsabilizado pelas mortes foi descartado ao observar, pelos registros do hospital, que a situação era precisamente inversa: as mortes eram mais numerosas na divisão que tinha menor número de mulheres. Outras hipóteses foram testadas indiretamente, apreciando os resultados de alguma modificação na rotina hospitalar: a possibilidade de que a posição no parto fosse a causa buscada fez com que essa posição fosse modificada, e, no entanto, o número de vítimas não variou. Semmelweiss encontrou finalmente a causa que buscava em uma infecção provocada ao serem revisadas as mulheres por médicos e estagiários (era aquele um hospital-escola) que não haviam higienizado suficientemente suas mãos depois de trabalharem com cadáveres. Observemos ao passar que, quando introduzimos deliberadamente modificações em um fenômeno para observar os resultados e compará-los com certa ideia que temos, estamos fazendo um experimento. Este é um tema ao qual voltaremos.

*O esquema lógico dos testes era sempre o seguinte: se uma determinada hipótese indicasse a causa verdadeira, seguir-se-ia, por **dedução**, que determinados fatos a ser observados seriam de tal ou qual tipo. Por exemplo, **se** a posição no parto fosse a causa, **então** mudando a posição iria observar-se uma alteração no número de mortes.*

A formulação das hipóteses tem, como se pode ver, uma função explicativa de um evento ou tipo de eventos. Notem que algo parecido ***ocorre na vida quotidiana***: se nosso carro não funciona bem, ou até não arranca, verificamos se falta gasolina, se algum dispositivo não está operando normalmente etc., até encontrar a causa da falha. Implicitamente, estamos conjecturando possíveis causas e testando nossas conjecturas mediante observações pertinentes, com ou sem modificações propositais (experimentos). A atividade de um detetive que busca resolver um caso envolve também uma série de hipóteses e seus respectivos testes.

Esse amplo uso das suposições e as tentativas de comprovar sua validade fizeram com que Popper (cujas ideias sobre refutabilidade já vimos) sustentasse que a combinação de conjecturas e refutações é permanente no ser humano, que de outro modo não sobreviveria.

Na ciência factual, as hipóteses, além de poderem ser testadas, devem estar fundamentadas em conhecimentos científicos ou ao menos ser compatíveis com eles. Uma hipótese astronômica que implicasse a imobilidade da Terra, ou uma hipótese biológica que desconhecesse a evolução das espécies seria em princípio desconsiderada pelos cientistas.

Nas ciências formais, a palavra hipótese tem um sentido um pouco diferente, refletindo precisamente a diferença entre estas ciências e as que tratam de fatos. Em palavras de Mario Bunge:

> O sentido lógico da palavra é **pressuposto**, premissa ou ponto de partida de uma argumentação (por exemplo, de uma demonstração). Esta é uma das significações originárias de «hipótese» e, precisamente, a conservada na ciência formal. Neste contexto, uma premissa é uma fórmula previamente aceita (um axioma, um teorema, ou uma convenção como «T é um triângulo euclidiano»), ou bem uma fórmula introduzida a título de ensaio porque possibilita uma dedução (mediante um argumento [denominado precisamente por isso] *ex hypothesi* [por hipótese]) e conservada ou rejeitada depois conforme suas consequências. Em qualquer caso, uma hipótese neste sentido é uma premissa usada no raciocínio, e consiste, portanto, num pressuposto (Bunge, 1969, p. 252, grifado do autor).

Voltando à ciência factual, as hipóteses podem referir-se a um objeto ou evento, ou bem (o que é mais comum) a uma classe de objetos ou eventos. A existência dos planetas Netuno e Plutão (este último "rebaixado" não faz muito tempo a "planeta anão", como vocês sabem) foi primeiramente conjecturada com base em determinada informação, empírica e teórica. Em cada caso, tratou-se de uma hipótese singular, ou se se preferir, uma hipótese relativa a um fato determinado. A maior parte das hipóteses científicas, todavia, **referem-se a classes de entidades ou de eventos**, e têm uma generalidade mais ou menos restrita. A hipótese de Semmelweiss que finalmente deu certo não dizia respeito apenas àquelas mulheres naquele hospital, mas a todas as mulheres que passassem por aquelas circunstâncias, a um tipo de evento.

Sendo essenciais para a explicação dos fatos, as hipóteses, contudo, não são meramente sugeridas pelos fatos. Como Hempel, Popper e outros filósofos da ciência enfatizaram, **as hipóteses têm a ver com problemas científicos, para cuja solução elas são imaginadas**. As hipóteses podem ocorrer a um cientista de diversas maneiras: podem provir da indução, mas também podem ser o resultado de alguma analogia entre o problema em pauta e outros problemas já resolvidos, e até podem parecer produtos da inspiração repentina. Nada disso é possível, todavia, sem conhecimentos científicos prévios e sem experiência de pesquisa.

3.2 Os fatos, sua observação e experimentação

Vimos que as hipóteses, nas ciências factuais, são suposições relativas ao comportamento de fatos, naturais ou sociais, presentes ou ***passados***. Ora, que são fatos? A palavra evoca algo real, existente no presente ou que existiu no passado. O computador com que estou escrevendo e a máquina de escrever que já tive são fatos. **Mais exatamente, a sua existência real é ou foi, respectivamente, um fato**. Como tal, o factual se distingue do ilusório ou meramente imaginado e também do ideal ("o" triângulo não existe: existem "de fato", como costumamos dizer, objetos triangulares). "Fato" denota ademais algo que pode, em princípio, ser percebido ou detectado, direta ou indiretamente. Por exemplo, percebemos diretamente a luz de uma lâmpada; indiretamente, a passagem da corrente elétrica que a produz (pois tomamos a luz como indicador da passagem da corrente).

A tarefa do historiador está, por definição, vinculada a hipóteses explicativas do que já não mais existe.

Desde uma perspectiva realista e seguindo Mario Bunge (no capítulo 12 do seu livro *La Investigacin Científica*), **podemos distinguir três tipos de fatos**: os acontecimentos, os processos e os fenômenos, todos os quais dizem respeito às "coisas" do mundo. Uma coisa é um sistema concreto, uma unidade de partes ou elementos materiais estruturados, intervinculados e relacionados com o seu ambiente. Nesse sentido, tanto uma caneta como um automóvel são coisas. Também o são uma planta, um animal, uma pessoa e uma comunidade. Os acontecimentos (ou eventos) e os processos "são o que ocorre a, em e entre sistemas concretos", define Bunge. Os sistemas concretos têm, por definição, propriedades e relações, todas as quais, quando constatadas, fazem parte do seu caráter de "fatos". "O meu computador cinza sobre a minha escrivaninha" é a descrição de um fato, ou de um "estado de coisas", como dizem outros filósofos; pela mesma razão nos referimos a fatos ao falar do brilho de uma estrela, do peso específico de uma substância ou do parentesco entre duas pessoas. Os sistemas concretos estão situados no espaço e duram no tempo. Um **acontecimento**

A queda de um avião é um exemplo de acontecimento.

Uma revolução é um processo em que cada etapa origina a seguinte

ou evento é algo que ocorre a um ou mais sistemas (ou "coisas") durante um lapso de tempo relativamente breve. Por exemplo, a queda de um avião, a alteração da temperatura de um corpo ("febre"), a indignação de uma pessoa ou um motim são eventos. Já um **processo é** uma "sequência temporalmente ordenada de acontecimentos, tal que cada membro da sequência intervém na determinação do membro seguinte". Falamos por isso do processo de crescimento ou de envelhecimento dos organismos, do processo de maduração dos frutos (ou, metaforicamente, das crenças), do processo de formação de um Estado etc. Eventos e processos, de resto, não são fatos sempre diferentes nem facilmente percebidos, como explica Bunge na seguinte passagem:

> Se são analisados com o suficiente aprofundamento, a maioria dos acontecimentos resultam em processos. Assim, por exemplo, um raio de luz consiste na emissão (por uma grande coleção de átomos, em tempos ligeiramente diferentes e ao acaso) de grupos de ondas que se propagam a uma velocidade finita. Não é tarefa fácil precisar os processos presentes no emaranhado dos acontecimentos. [Além do mais], rara vez a experiência nos dá um processo: na ciência, ao menos, a maior parte dos processos são formulados hipoteticamente. Assim, por exemplo, não se vê empiricamente a evolução das estrelas, sendo necessário imaginar modelos de tal evolução e testá-los depois pelo procedimento de registrar e interpretar acontecimentos como as marcas deixadas pela luz das estrelas nas placas fotográficas. (Bunge, ibid., p. 718).

Os sentimentos que um sujeito possui em função de contemplar algo, por exemplo, uma árvore florida presente num bosque, é um exemplo de um acontecimento ou processo que aparece para um sujeito.

Poderíamos acrescentar, a modo de outros exemplos, que também uma atitude humana (evento) pode revelar, a uma análise detida, ser um momento ou resultado de um processo psicossocial, e que a afirmação da existência de um processo histórico (suponhamos, a transformação do mundo mediterrâneo magistralmente estudada pelo historiador Fernand Braudel no seu livro *O Mediterrâneo e o mundo mediterrâneo na época de Felipe II*) implica algum modelo teórico.

Além dos sistemas, os acontecimentos e os processos, Bunge aponta os fenômenos como outro tipo de fatos, definindo um fenômeno como "um acon-

tecimento ou processo tal como aparece a algum sujeito humano". Um sentimento, para quem o vivencia, ou a visão de determinada paisagem por parte de alguém, são fatos, que podem ser de algum modo constatados e às vezes reconstruídos pelo observador. Esta categoria de fatos, os "fenômenos", têm particular importância nas ciências humanas, por motivos quase óbvios. A maneira como os seres humanos percebem, sentem ou se representam os outros tipos de fatos (coisas, eventos, processos) é objeto de indagação para psicólogos, sociólogos, economistas, antropólogos etc. Como veremos num capítulo posterior, o reconhecimento (ou não) ***deste tipo de fatos***, e a maneira de abordá-los diferencia os enfoques epistemológicos em ciências humanas.

Os fenômenos podem ser também coletivos. É nesse sentido que os historiadores falam do "imaginário" (isto é, a maneira de se representar) próprio de tal ou qual época.

Quer se trate de coisas, estados de coisas, acontecimentos ou processos, supomos que os fatos são algo em geral observável. A observação é definida por Bunge como "uma percepção intencional e ilustrada". Intencional ou deliberada, nos explica, porque tem um objetivo determinado; ilustrada no sentido de estar guiada pelo conhecimento. Ela é, em outras palavras do mesmo autor, **"seletiva e interpretativa"**.

> A maioria dos fatos acerca dos quais sabemos algo não são observáveis a não ser de modo vicário, ou seja, que não podem mais do que inferir-se pela mediação de fatos perceptíveis e por meio de hipóteses. Assim, por exemplo, o vento não é diretamente observável, mas inferido a partir de corpos de controle que supomos serem movidos por ele, ou bem sentindo a sua pressão em nosso corpo: em qualquer caso, conjecturamos a existência de uma rajada de vento, e, caso nos interesse uma estimação mais cuidadosa da nossa suposição, temos que submetê-la a prova, porque a nossa inferência pode ter sido infundada (os movimentos observados podem dever-se a um terremoto ou à embriaguez do observador). Analogamente, quando vemos que alguém se ruboriza, atribuímos o fato à sua vergonha, sua tribulação ou sua cólera, conforme as circunstâncias concomitantes (informação adicional) e nosso conhecimento da psicologia. E formulamos a hipótese de que está tendo lugar um acontecimento social [por exemplo, um golpe de estado] quando vemos que tanques rodeiam prédios públicos e que as pessoas correm pelas ruas. (Bunge, 1969, p. 736).

O leigo vê uma estrela; o cientista observa um planeta. O leigo vê um grupo de indígenas tocando seus instrumentos, um cientista identifica um ritual.

Acrescentemos que, no caso da observação científica, a intencionalidade vincula-se com questões e hipóteses, e o conhecimento orientador é tanto empírico quanto teórico.

O olhar ordinário (ou seja, não treinado cientificamente) não observa a posição de Marte relativamente à Terra e ao Sol numa noite determinada, nem a expressão de um tabu gastronômico em outra cultura. O **observador vulgar** vê apenas uma pequena luz no alto do céu ("uma estrela", em sentido vulgar) e a rejeição de certo alimento por parte de um grupo humano. **Por outra parte, a observação pode ser, aqui também, direta ou indireta**. O físico observa diretamente o movimento da agulha de um aparelho, e indiretamente, a passagem de uma corrente elétrica. Um biólogo observa diretamente determinado comportamento de uma dupla de animais; indiretamente, ele observa um mecanismo natural de seleção de parceiros. Um psicólogo observa diretamente o que uma pessoa diz e faz: indiretamente, ele observa a ação voluntária dessa pessoa, na medida em que conceitos como "vontade", "decisão", "propósito" etc., correspondem a entidades ou processos não diretamente perceptíveis.

As informações a partir das quais afirmamos (ou negamos) a existência de fatos são os **dados** (mais exatamente, denominamos dados a registros de informações).

A rigor, não percebemos **diretamente** os motivos ou os propósitos de uma pessoa que faz alguma coisa, mas **através** das suas palavras ou **deduzindo-os** do seu comportamento. Por exemplo, não vemos a intenção de alguém quando este alguém abre uma porta. Sabemos da intenção pelo que a pessoa diz, ou a inferimos do que a pessoa faz entrando ou saindo de um lugar.

Apesar da impressão causada pela sua etimologia, um "dado" não é algo passivamente recebido pelos nossos sentidos (como supunha o empirismo) ou nossa razão (como para o intuicionismo), mas algo de algum modo produzido pela atividade (neste caso, cognitiva) humana.

Um dado é, enquanto elemento informativo, **algo interpretado** (o brilho de uma estrela, a cor ou o cheiro característico de um gás) à luz de conhecimento prévio. Os dados, numa expressão famosa do filósofo Norwood R. Hanson, estão "impregnados de teoria" ou "carregados de teoria". Além do mais, os dados científicos são **se-**

lecionados em função de certos interesses de pesquisa. Por outra parte, os dados são amiúde o **resultado de operações**, incluindo o uso de aparelhos (p.ex., um microscópio). Os dados podem provir de ***observação ou serem experimentais***, e ainda, qualitativos (um ambiente pode estar "frio", uma manada é "grande") ou quantitativos (o ambiente está a 5 graus centígrados, a manada está composta por cinquenta animais). Em todo caso, os dados interessam na medida em que possam constituir evidências (=dados relevantes) em relação com as ideias dos cientistas, principalmente ao confirmar ou refutar uma hipótese ou teoria.

Um líquido pode estar quente, um animal pode mostrar-se irritado, uma pessoa pode manifestar uma opinião (dados de observação); o líquido pode mudar de cor quando esquentado, a irritação do animal pode ser a reação a uma provocação produzida pelo pesquisador, a opinião da pessoa pode ser a resposta a uma determinada pergunta em uma enquete (dados experimentais).

A **observação científica**, embora planejada e sistemática, respeita, até certo ponto, a espontaneidade do objeto estudado. Esse respeito é relativo porque a utilização de certo aparelho ou a presença do observador amiúde altera o evento observado (como no caso da observação de partículas subatômicas e de processos sociais). Já o experimento é, para dizê-lo em palavras de Bunge, "aquela classe de experiência científica em que se provoca deliberadamente alguma mudança e se observa e interpreta seu resultado com alguma finalidade cognitiva" (Bunge, 1969, p. 819). **O experimento é uma experiência controlada**. Nele, o pesquisador introduz modificações em certos aspectos do objeto ou processo estudado (as **variáveis** denominadas independentes), com a finalidade de apreciar os valores que assumem, em decorrência dessa operação, outros fatores (variáveis dependentes). Por exemplo, verificar o tipo de relação entre a variação da temperatura de um corpo e o seu volume, ou entre o tipo de alimentação das pessoas e a ocorrência de determinada doença.

Variáveis
Denomina-se "variáveis"fatores que podem ter diverso valor, ou seja, cujo valor pode **variar**: p.ex., idade, peso, temperatura, longitude (variáveis quantitativas) ou sexo, classe social, cor, grupo sanguíneo (variáveis qualitativas).

O controle que caracteriza o experimento refere-se não apenas às condições da sua produção, mas também às de observação, pois, como assinala Bunge, o que observamos são fenômenos, e não fatos completamente independentes dos nossos modos de observação (Bunge, ibid., p. 830).

O mesmo autor nos faz notar que, contudo, o controle é sempre parcial, ainda que em certos casos seja quase total (por exemplo, quando inclui a produção de objetos e eventos, como nos acelera-

dores de partículas da física subatômica ou quando se organizam artificialmente grupos sociais para testar uma hipótese sobre seu comportamento). Por último, mas não porque seja menos importante, cabe notar que a situação experimental é sempre uma simplificação da realidade, o que tem consequências no que diz respeito ao alcance das conclusões obtidas.

Em um experimento, modificamos um objeto ou processo e observamos o resultado da nossa manobra, com a finalidade de obter certo conhecimento.

A precedente exposição sobre fatos e dados, observação e experimento foi feita, como já adverti, do ponto de vista de um autor realista, epistemologicamente falando. Isso significa que, nesta perspectiva de análise, os fatos são entidades independentes dos sujeitos que os pesquisam, embora sejam detectados através dos dados pertinentes. Os dados, por sua vez, ainda que impliquem interpretação, são concebidos pelos realistas como materiais que constituem modos de presença, por assim dizer, dos fatos pesquisados que a consciência humana se limita a reconhecer.

É possível, no entanto, achar que o papel da consciência não se reduz ao reconhecimento, mas assume um caráter constitutivo dos dados e, assim, dos fatos. Tratar-se-ia nesse caso de uma concepção **idealista**, sempre em termos da epistemologia, do conhecimento dos fatos.

Na filosofia da ciência do século XX e XXI, o idealismo (à maneira de um Kant ou de um Berkeley) não é uma posição defendida. No entanto, a interpretação realista do conhecimento científico é desafiada por diversas formas de *construtivismo*, vale dizer, a tese de que o conhecimento científico resulta da atividade humana, incluindo a linguagem, a forma como os cientistas estão condicionados pela sua sociedade e os recursos culturais de que dispõem. Assim, o médico e epistemólogo polonês **Ludwik Fleck** (1896-1961) sustentou, em seu livro *Gênese e desenvolvimento de um fato científico* (1935), que a sífilis, como fato enfrentado pelos médicos e cientistas, é a resultante dos diversos contextos culturais em que foi sendo estudada e combatida. Com outras palavras, Fleck afirmou que a doença assim denominada não consiste uma entidadesempre idêntica, que durante muito tempo foi mal conhe-

Ludwig Fleck

cida até ser adequadamente diagnosticada, ***mas em uma entidade que foi transformando-se conforme se modificavam os quadros mentais-culturais em que era colocada***. Mais ou menos na mesma época, o filósofo francês Gaston Bachelard escreveu sobre a "fenomenotécnica" da ciência experimental. A água quimicamente pura, exemplificava Bachelard, não existe espontaneamente na Natureza. Tanto seu conceito (enquanto síntese de hidrogênio e oxigênio) quanto sua produção são obra humana (o mesmo poder-se-ia dizer, é claro, do oxigênio e do hidrogênio). Desde as últimas décadas do século XX, este enfoque construtivista da atividade científica foi alimentado por certo tipo de sociologia (ou sócio antropologia) da ciência. O sociólogo francês contemporâneo Bruno Latour (1947-   ), baseando-se na observação e na análise da conduta dos cientistas, ***sustenta que a crença em fatos independentes dos pesquisadores*** ("a Natureza") é uma sorte de miragem produzida pela atividade científica. Nessa produção, ele destaca o papel da linguagem, dos interesses sociais e dos fatores políticos. Voltaremos a estas interpretações do conhecimento científico ao tratar, em capítulos posteriores, de temas como o a existência das "entidades teóricas", a racionalidade da ciência e os compromissos axiológicos e sociais da mesma.

Fleck mostra que a noção de sífilis foi evoluindo, de ser inicialmente considerada como um mal derivado da influência de certos astros, ou como castigo divino (no século XVI), à de uma doença produzida por diversos agentes naturais, a princípio confundida com outras enfermidades como a gonorreia (século XIX).

Desde esta posição, a objetividade da ciência é entendida, não como reconhecimento do que "objetivamente existe", mas como objetivação de experiências.

Leituras Recomendadas

A anedota sobre o médico Semmelweis que serve a Hempel para explicar o teste de hipóteses encontra-se no capítulo 2 do seu livro *Filosofia da Ciência*. A leitura completa desse capítulo é muito recomendável. O capítulo 5 (sobre hipóteses) e o capítulo 12 (sobre observação) do livro de Bunge *La Investigación Científica* são excelentes exposições, muito didáticas, desses assuntos. O artigo "Observação e Interpretação", de N. Russell Hanson, publicado na coletânea *Filosofia da Ciência*, organizada por S. Morgenbesser, contém claros exemplos do caráter interpretativo da observação científica. Pode ser muito bem complementado com a leitura do capítulo 3 ("Observação comum") do livro *Conhecimento confiável*, de John Ziman. Quem quiser aprofundar sobre a maneira como a observação científica está "impregnada de teoria" pode ler o livro

de N. R. Hanson, *Patterns of Discovery* (*Padrões de Descoberta*, do qual existe uma tradução em espanhol). Meu artigo "Acerca de natureza do experimento científico" analisa diversos aspectos desse importante recurso científico, mencionando também os debates a seu respeito.

Reflita sobre

- Semelhanças e diferenças entre suposições vulgares e hipóteses científicas.
- A relação entre as hipóteses e os dados que deverão confirmá-las.
- As noções de fato, dado e evidência.
- A diferença entre observação e experimento.
- A "impregnação teórica" dos dados com que trabalha o cientista.
- A "construção" dos fatos científicos.